

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10008202
PUBLICATION DATE : 13-01-98

APPLICATION DATE : 19-06-96
APPLICATION NUMBER : 08157317

APPLICANT : SUMITOMO METAL IND LTD;

INVENTOR : ISOMURA SHUJIRO;

INT.CL. : C22C 38/00 B60B 35/02 C21D 6/00 C21D 9/28 C22C 38/58

TITLE : RAILWAY AXLE AND ITS PRODUCTION

ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a railway axle having ≥ 265 MPa fatigue strength in a mating part and its production.

SOLUTION: This axle is composed of a steel having a composition containing, by weight, 0.3-0.48% C, 0.05-1% Si, 0.5-2% Mn, 0.5-1.5% Cr, 0.15-0.3% Mo, and 0-2.4% Ni and also has a region of tempered martensite or bainite from the surface toward the inner part. At this time, the surface layer part where wheels are to be fitted has a hardening depth of ≥ 400 Vickers hardness ranging from 1 to 4.5mm and also has a region of tempered martensite or bainite in its inner part. The railway axle with high fatigue strength can be produced by forming the steel into the prescribed shape by means of hot forging, performing quench-and-temper treatment, and then applying induction hardening to a mating part.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-8202

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月13日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y
B 6 0 B 35/02			B 6 0 B 35/02	A
C 2 1 D 6/00			C 2 1 D 6/00	H
9/28			9/28	A
C 2 2 C 38/58			C 2 2 C 38/58	
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-157317

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月19日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 栗田 真人

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(72) 発明者 四方田 圭一

大阪府大阪市此花区島屋5丁目1番109号

住友金属工業株式会社関西製造所製鋼品事業所内

(74) 代理人 弁理士 森 道雄 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉄道用車軸およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 はめ合部の疲労強度265MPa以上の鉄道用車軸とその製造方法の提供。

【解決手段】 (1) 重量%で、C:0.3~0.48%、Si:0.05~1%、Mn:0.5~2%、Cr:0.5~1.5%、Mo:0.15~0.3%、Ni:0~2.4%を含む鋼からなり、表面から内部にかけて焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有する車軸であって、車輪が嵌合される表面部においてビッカース硬度400以上である硬化層深さが1~4.5mmの範囲にあり、その内部に焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有する高疲労強度の鉄道用車軸。(2) 熱間鍛造により所定の形状にし、焼入焼戻し処理を行った後に、はめ合部に高周波焼入れを施す上記(1)に記載する高疲労強度の鉄道用車軸の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C：0.3～0.48%、Si：0.05～1%、Mn：0.5～2%、Cr：0.5～1.5%、Mo：0.15～0.3%、Ni：0～2.4%を含む鋼からなり、表面から内部にかけて焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有する車軸であって、車輪が嵌合される表面部においてはビッカース硬さ400以上である硬化層深さが1～4.5mmの範囲にあり、その内部に焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有することを特徴とする高疲労強度の鉄道用車軸。

【請求項2】熱間鍛造により所定の形状にし、焼入焼戻し処理を行った後に、車輪が嵌合される部分に高周波焼入れを施すことを特徴とする請求項1に記載する高疲労強度の鉄道用車軸の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車輪とのはめ合部において高疲労強度を示す鉄道用車軸およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】鉄道用車軸は、車両の重量を支えかつ駆動力およびブレーキ力を伝達する機能を有する台車における最重要部品である。車軸の損傷は直接的に重大事故に結びつくので高い信頼性が要求される。とくに車輪が嵌合される部分（以後、“はめ合部”という）では車軸と相手部材（車輪）との微小な相対すべりを原因とするフレットング疲労が生じ疲労強度が大幅に低下する。この問題に対処する方法を提案した代表例として、車軸に低温焼入れ処理を施すとはめ合部の疲労限度が著しく向上するとする文献（西岡、西川、小松：日本機械学会論文集、38(1972)、p.933）がある。

【0003】一般の鉄道用車軸には、表面焼入れを行うことなくキルド鋼を鍛造したJIS E4502-SFA 55あるいはJIS E 4502-SFA 60がそのまま用いられる。しかし、新幹線用車軸や機関車用車軸のようにより高い信頼性が要求される台車の車軸は、上記したように、JIS機械構造用鋼S38Cを素材として表面に高周波焼入れを施し、疲労強度を向上させる対策がとられている（手塚：鉄道技術、43(1986)、p.205）。

【0004】近年、新幹線のさらなる高速化、例えば東海道新幹線の現在の営業速度270km/hを、最高で450km/hに向上する計画が提案されている。走行時には、車両重量から成る静荷重のみならず走行時の振動、加速度による動荷重が車軸に負荷されるため、車軸に負荷される荷重は走行速度とともに大きくなる。このため現行の耐久性を維持するためには、車軸の軸径を大きくしはめ合部に発生する応力を低減する必要がある。

【0005】しかし、軸径増加は軸の重量増加により動荷重が増加するため、車軸に負荷される荷重はさらに大

きくなり、結果としてはめ合部に発生する応力は増加する。したがって、高速化に対応するためには、車軸材料または表面処理方法を改良しはめ合部の疲労強度を向上させる必要がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、車軸材料および表面処理方法を改善し、現行車軸以上のはめ合部の疲労強度を有する車軸およびその製造方法を提供することにある。具体的には、現行の疲労強度（220MPa以上）を20%向上させた疲労強度265MPa以上とすることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は下記（1）および（2）の鉄道用車軸およびその製造方法を要旨とする。

【0008】（1）重量%で、C：0.3～0.48%、Si：0.05～1%、Mn：0.5～2%、Cr：0.5～1.5%、Mo：0.15～0.3%、Ni：0～2.4%を含む鋼からなり、表面から内部にかけて焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有する車軸であって、車輪が嵌合される部分（はめ合部）の表面部においてはビッカース硬さ400以上である硬化層深さが1～4.5mmの範囲にあり、その内部に焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有する高疲労強度の鉄道用車軸。

（2）熱間鍛造により所定の形状にし、焼入焼戻し処理を行った後に、はめ合部に高周波焼入れを施す上記

（1）に記載する高疲労強度の鉄道用車軸の製造方法。

上記（1）において、鋼は上記の合金元素以外にAl、Ca、Ti、Nb等の微量元素を含んでもよい。

【0009】はめ合部は、車輪が車軸に接触する部分およびその軸方向外側十数mmづつの両側の車軸表面部を含む範囲とする。

【0010】“硬化層深さが1～4.5mm”とは、ビッカース硬さ400以上となる領域が、表面からの距離0～1mmの部分から表面からの距離0～4.5mmの部分の範囲内にあることを指す。ビッカース硬さ測定は試験荷重1kgでの硬さ（HV1）とする。ビッカース硬さ400以上の表層部を以後の説明において単に“硬化層”という場合がある。

【0011】それより内部の焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域は、ビッカース硬さ400以上の硬化層と接していてもいなくてもよい。ビッカース400以上の硬化層よりやや内部の、より硬さの低い高周波焼入れ部分（高周波焼入れの裾の部分）に接して存在するほうが普通である。また、車軸の中心まで上記の焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトになっている必要はない。

【0012】この焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトは、上記の高周波焼入れに先だって焼入焼戻しを行っ

て生じた組織が、表層近傍に効果が限定される高周波焼入れによって変化せずに残存した内部の領域を指す。この焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域は、後記する高周波焼入れ後の低温焼戻しよりも高い温度で十分焼戻されているので、十分な靱性を有し、かつ炭化物は均一微細分散しているため引張強さも確保されている。

【0013】なお、ベイナイトも焼戻されているがベイナイトの場合は、焼戻しによって大部分の炭化物を析出するマルテンサイトと異なり“焼戻しベイナイト”と言わないのが普通であり、本説明においても同様とする。

【0014】上記(2)において“高周波焼入れ”というとき、高周波焼入れに引き続いて150～300℃程度の低温焼戻しを行う場合も含めることとする。

【0015】つぎに本発明の技術的背景について説明する。

【0016】すでに知られているように、はめ合部の疲労強度は表面の硬さおよび残留応力に依存する。さらに今回、丸棒試験片を用いた基礎的な高周波焼入れ試験により、つぎのことを定性的に確認した。

【0017】(a) 高周波焼入れによる硬化層の表面圧縮残留応力は、母材の成分に依存し母材強度とともに高くなる傾向にある。

【0018】(b) この圧縮残留応力は、さらに高周波焼入れ後の硬化層のなかの最高硬さにも依存し、この最高硬さが高いほど高くなる。しかし、むやみに硬さを高くすると焼割れを発生するので最高硬さおよび硬化層深さを適正な範囲にする必要がある。

【0019】これらの確認事項に基づき、材料の化学組成を調整することにより、母材強度および硬化層深さを適正に設定することを目的に疲労強度に及ぼす成分の影響を定量的に評価した。

【0020】表1は、試験に用いた供試鋼の化学組成を示す一覧表である。

【0021】

【表1】

表 1 (wt %)

鋼	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	備考
1	0.39	0.25	0.86	-	-	-	S35C
2	0.41	0.25	0.85	1.05	0.20	-	ベース
3	0.23	0.26	0.82	1.00	0.19	-	Cの影響
4	0.32	0.25	0.81	1.02	0.18	-	
5	0.44	0.25	0.86	1.04	0.20	-	
6	0.50	0.26	0.84	1.05	0.22	-	Siの影響
7	0.42	0.05	0.86	1.04	0.20	-	
8	0.39	0.54	0.82	1.07	0.21	-	
9	0.39	0.99	0.85	0.99	0.20	-	Mnの影響
10	0.41	0.25	0.45	0.98	0.19	-	
11	0.40	0.24	1.31	1.05	0.20	-	
12	0.41	0.23	1.92	1.03	0.20	-	Crの影響
13	0.41	0.25	0.87	0.10	0.19	-	
14	0.40	0.24	0.85	0.52	0.19	-	
15	0.39	0.24	0.86	1.43	0.20	-	Moの影響
16	0.40	0.25	0.84	2.00	0.21	-	
17	0.39	0.26	0.85	1.05	0.05	-	
18	0.41	0.26	0.83	0.98	0.14	-	Niの影響
19	0.39	0.26	0.85	1.05	0.28	-	
20	0.40	0.24	0.84	1.02	0.33	-	
21	0.38	0.23	0.86	1.03	0.22	1.00	Niの影響
22	0.39	0.23	0.87	1.02	0.20	1.82	
23	0.40	0.25	0.85	1.05	0.22	2.40	
24	0.39	0.24	0.85	1.04	0.18	3.20	

P:0.018～0.28%, S:0.010～0.02%

【0022】同表の化学組成は、焼入焼戻し処理(850℃焼入れ480℃焼戻し)後の引張強さが980MPa級となるように、現行のS35Cに対しCrおよびMoを増量したものをベースにした。これらの鋼の不純物のうちPは0.018～0.028%、Sは0.01～0.024%の範囲にあった。これらの鋼を熱間鍛造し、さらに焼入焼戻し処理を行い、試験片を採取してつぎの試験に供した。

【0023】図1(a)は、試験に用いた小型の模擬車軸(軸直径40mm)の形状をあらわす図面である。この試験片について、数回の試行により表面の硬化層の深さを3mmとする条件(シングルショット方式:電流200～250A、電圧800～900V、加熱時間10～20sec、冷却遅延時間0～5秒、冷却時間10～20sec)を設定し、高周波焼入れを実施した。

【0024】図1(b)は、この模擬車軸と組み合わせる模擬車輪の形状をあらわす断面図および側面図である。

【0025】図2は、車軸への車輪のはめ合部の疲労試験の試験装置を示す図面である。同図に示すように、疲

労試験は、片持ち回転曲げにて行った。

【0026】図3は、この疲労試験結果をまとめ、合金元素ごとに疲労強度に及ぼす影響を示した図面である。ここで疲労強度とは、 1×10^8 回の回転曲げ後にはめ合部の表面に長さ0.1mm以上のき裂（磁粉探傷にて検出できる限界のき裂に相当）が生じない限界の応力振幅とした。

【0027】本発明はこれらの試験結果に基づき、本発明の効果を上記の試験装置を用いて確認したうえで完成されたものである。

【0028】

【発明の実施の形態】つぎに本発明の限定理由について以下に述べる。以下、【%】はいずれも重量%を示すものとする。

【0029】1. 化学組成

まず、鋼の化学組成の限定理由を説明する（図3参照）。

【0030】C：0.3～0.48%

Cは母材の強度を高めるとともに高周波焼入れによる表面の硬さを向上させる元素であり、図3に示すように、Cの増加とともに疲労強度は単調に増加する。そこで疲労強度が265MPaを超える0.3%を下限とする。またCが過剰な場合には、表面の硬さが高くなりすぎて研削ができなくなるとともに、焼入れ時あるいは研削時に割れが発生する可能性がある。上記の調査では、図3に示すように0.50%にて高周波焼入れにより焼き割れが発生したため0.48%を上限とする。

【0031】Si：0.05～1%

Siは脱酸元素としても、また疲労強度を向上させるうえでも有効である。十分脱酸を行うためには、脱酸後凝固した鋼中にSiが0.05%以上は残存していなければならない。しかし1%を超えても疲労強度は向上せず、むしろ靱性が著しく低下するため1%を上限とする。

【0032】Mn：0.5～2%

Mnは焼入性を高めるのに必要な元素であるので、少なくとも0.5%を含有しなければならない。しかし、過剰に含有してもその効果は飽和するとともに靱性も劣化するので2%を上限とする。

【0033】Cr：0.5～1.5%

Crは焼入性を高めるのに効果的な元素である。図3に示すように0.5%以上にて疲労強度の目標を達成できるから、0.5%を下限とする。しかしながら1.5%を超えて過剰に含有すると、高周波焼入れの際、硬化層が過大になり所定の残留応力が得られず疲労強度が低下するので、0.5～1.5%とする。

【0034】Mo：0.15～0.3%

Moは焼入性を高めるのに効果的な元素であるとともに、母材の強度を高める作用が強い元素である。図3に示すように疲労強度はMo量とともに増加するため、疲

労強度265MPaを超える含有量0.15%を下限とする。また過剰に含むと、Crと同様な理由により疲労強度は低下し、0.3%程度で目標値265MPaを下回るので0.3%を上限とする。

【0035】Ni：0～2.4%

Niは添加しなくてもよい。Niは母材の強度を高めるのに効果的な元素であるが、①高価であり、②焼戻し脆化を促進し、また、③Niを添加しなくても疲労強度の目標を達成できるからである。Niの増量につれて疲労強度は向上するが、2.4%ではほぼ飽和しているので2.4%を上限とする。

【0036】その他の合金成分として、組織の微細化、介在物の形状制御を目的としてAl、Ca、Ti、Nb等の合金元素を微量含有させることによりより一層の性能の向上を図ってもよい。

【0037】2. 硬化層および組織

はめ合部の硬化層以外の車軸の表面から内部にかけては焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの組織を有するものとする。これは、引張強さ980MPaを満足したうえで十分な靱性を確保するためである。この組織が車軸の中心まで存在している必要はなく、内部はフェライトとパーライトの混合組織であってもよい。靱性が要求されるのは表面付近であり、また軸中心まで焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトでなくても車軸として引張強さ980MPa級を満足することができるからである。

【0038】はめ合部においてはビッカース硬さ400以上の硬化層の深さを表層部1～4.5mmの範囲内とする。硬化層深さ1mm未満では疲労強度が十分向上しないからであり、一方、4.5mmを超える領域をビッカース硬さ400以上とすると遅れ破壊などを発生する危険性が増大するので、硬化層の深さの範囲は1～4.5mmとする。

【0039】はめ合部の硬化層の内側において、焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの領域を有するのは、車軸が十分な強度および靱性を確保するのに必要だからである。この組織は後記する高周波焼入れを行う前は、硬化層にも存在していたものである。高周波焼入れの際、これら組織中に分散していた微細な炭化物は短時間のうちに固溶し硬化層の硬さをビッカース硬さで400以上とすることを補助する。

【0040】この組織は、前記したようにビッカース硬さ400以上の硬化層に接しないで、より硬さの低い、より内部の高周波焼入れされた部分と接していてもよい。また、車軸の中心までこの組織である必要はない。強度および靱性が問題となるのは、ほとんど例外なく表面～表面から数十mmの範囲に限定されるからである。

【0041】3. 圧縮残留応力

圧縮残留応力については、とくに限定しない。上記の化学組成を後記する製造条件で製造して硬化層深さ1～

4. 5 mmの範囲としたとき、圧縮残留応力の最大値は1200～1000MPaとなり、残留応力が圧縮となる表面部分は、0～3 mmとなる。はめ合部の疲労強度の向上に、この圧縮残留応力が大きな働きをするが、硬化層深さが上記の範囲を満足すれば、圧縮残留応力の確保も保証されるのである。

【0042】4. 製造方法

上記した成分範囲の鋼を溶製し、車軸形状に熱間鍛造により粗成形した後、調質処理（焼入焼戻し）を施す。焼入れ前の加熱温度はA_{c1}点～950℃とするのが望ましい。上記の合金元素の中心値の鋼の場合のA_{c1}点は800℃程度である。焼戻しは450～675℃の範囲とすることが望ましい。450℃未満では十分な靱性を確保しにくく、また675℃を超えると上記したC_r炭化物やM_n炭化物が凝集粗大化して、高周波焼入れの際に十分固溶しなくなるので675℃以下とすることが望ましい。

【0043】この後、仕上げしろ約1 mm（直径）を残して高周波焼入れ前半仕上げ研削を行ったほうがよい。上記の焼入焼戻しにより表面に脱炭層が生成する場合が

あり、そのときは高周波焼入れによって必要な硬さを得にくいからである。

【0044】高周波焼入れは誘導加熱（周波数3 kHz）コイルにより急速加熱後、水噴射により急冷する。このときの高周波加熱条件は、前記した条件：シングルショット方式、電流200～250 A、電圧800～900 V、加熱時間10～20 sec、冷却遅延時間0～5秒、冷却時間10～20 secの範囲でおこなうことが望ましい。

【0045】この後、200℃程度の低温で焼戻しを行う場合もある。

【0046】高周波焼入れ後、仕上げ研削を行い、車輪に圧入し使用に供する。

【0047】

【実施例】つぎに実施例により本発明の効果を説明する。

【0048】表2は本発明の実施および比較に用いた鋼の化学組成を示す一覧表である。

【0049】

【表2】

区 分	試験 番号	成 分 (wt%)						ビッカース硬さ 400以上の 硬化層(mm)	疲労強度 (MPa)
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni		
本 発 明 例	1	0.32	0.25	1.01	1.02	0.18	-	1.1	275
	2	0.44	0.25	0.88	1.20	0.20	-	2.5	300
	3	0.40	0.99	0.85	0.99	0.24	-	1.8	290
	4	0.41	0.28	0.55	1.01	0.19	-	1.6	270
	5	0.40	0.22	1.42	0.64	0.23	-	1.2	280
	6	0.40	0.26	0.88	0.52	0.19	-	1.0	270
	7	0.39	0.31	0.95	1.43	0.21	-	4.1	290
	8	0.42	0.26	0.86	1.00	0.14	-	1.9	265
	9	0.40	0.26	0.88	1.02	0.28	-	2.3	295
	10	0.39	0.40	0.68	1.05	0.22	2.40	4.2	305
比 較 例	11	0.27	0.41	0.82	1.01	0.17	-	0.8	240
	12	0.53	0.24	0.79	0.99	0.22	-	4.3	焼割れ発生
	13	0.39	0.41	0.45	0.96	0.19	-	0.8	260
	14	0.41	0.26	0.88	0.47	0.20	-	1.6	255
	15	0.38	0.26	0.78	1.54	0.19	-	4.9	240
	16	0.39	0.26	1.05	1.02	0.13	-	0.8	245
	17	0.38	0.26	0.84	0.98	0.33	-	4.6	255

（注）アンダーラインを付した数値は、本発明の範囲外であることを示す。

【0050】これらの鋼を150 kg真空電気溶解炉にて溶解し、鋼塊に鋳込み、熱間鍛造により、図1に示す模擬車軸の形状に厚さ15 mmの余肉をつけた丸棒形状（80 mmφ）にした。これらの鋼の不純物のうちPは0.018～0.028%、Sは0.01～0.024

%の範囲にあった。

【0051】その後、調質処理（850℃焼入れ－450℃焼戻し）を施し、仕上げしろ約1 mm（直径）を残して高周波焼入れ前半仕上げ研削を行った。焼入焼戻し処理の結果、はめ合部以外では表面から15 mmまでが

焼戻しマルテンサイトまたはベイナイトの組織であり、はめ合部では硬化層に接する部分から、当然のことであるが15mmまでが同じ組織であった。

【0052】高周波焼入れは誘導加熱（周波数3kHz）コイルにより急速加熱後、水噴射により急冷し、約200℃にて焼戻しを行った。なお、誘導加熱条件は、有効硬化層深さ（HV400以上の硬さを示す深さ）が約2.5mmとなるよう各鋼ごとに調整した。高周波焼入れ後、仕上げ研削を行い、図1（b）の車輪に相当するボスに圧入した。この試験体を図2に示す試験装置に装着して疲労試験を行った。

【0053】疲労試験は 1×10^8 回の回転曲げ後にボスを抜き取り、はめ合部表面のき裂を観察することにより行った。疲労強度は、前記した試験と同様にはめ合部に表面の長さ0.1mm以上のき裂（磁粉探傷にて検出できる限界のき裂に相当）が生じない限界の応力振幅とした。

【0054】この試験の結果を表2に示す。

【0055】表2によれば、本発明例はいずれも疲労強度265MPa以上を達成しているのに対して、比較例はいずれも目標性能を達成していない。すなわち、試験番号11はCが低いために、13はMnが低いために、14はCrが低いために、また16はMoが低いために、いずれも目標性能を達成することができない。逆に

試験番号12はCが高いために高周波焼入れにおいて焼き割れを発生し、また15および17はそれぞれCrおよびMoが過剰であるために、高周波焼入れにおいて必要な硬化層深さとする事ができずに目標とする疲労強度を達成することができなかった。

【0056】本発明例においてはじめて、車軸と車輪のはめ合部の疲労強度を現行の疲労強より20%以上高いものが得られることは明白である。

【0057】

【発明の効果】本発明に係る車軸およびその製造方法により、高度の安全性が要求される高速鉄道用車軸のはめ合部の疲労強度を現行のものより20%以上向上させることができる。輸送手段の基幹をなす高速鉄道のより速い走行の成否を左右する重要な技術を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は模擬車軸の形状を表す。（b）は模擬車輪の断面図および側面図を表す。

【図2】車軸と車輪のはめ合部の疲労試験装置を表す。

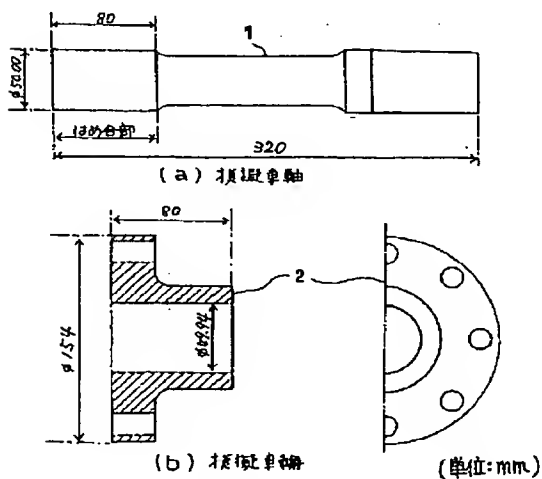
【図3】各種元素のはめ合部の疲労強度に及ぼす影響を表す。

【符号の説明】

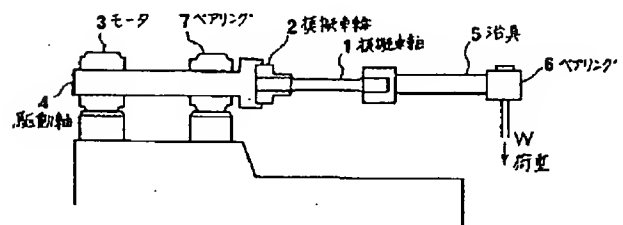
1…模擬車軸

2…模擬車輪

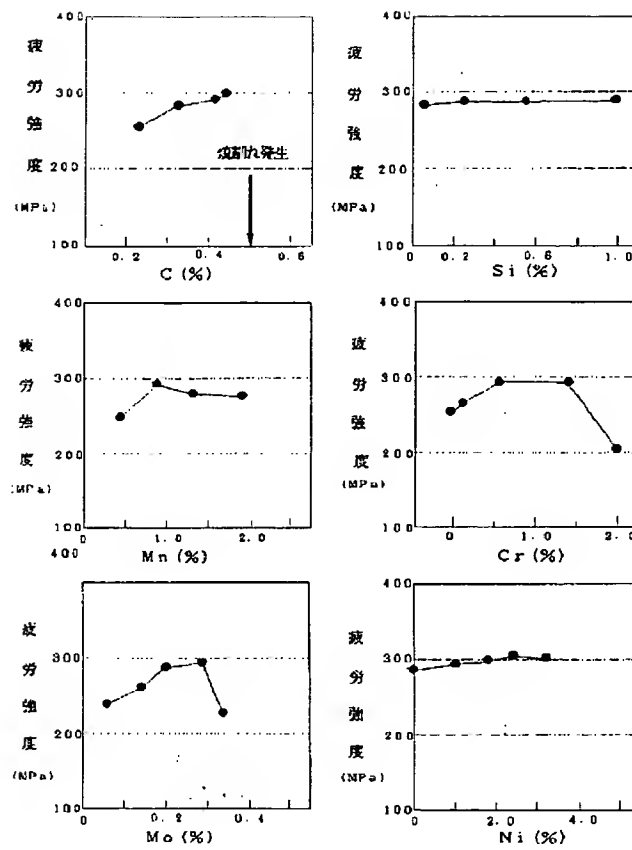
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 磯村 修二郎
大阪府大阪市此花区島屋5丁目1番109号
住友金属工業株式会社関西製造所製鋼品事業所内

THIS PAGE BLANK (USPTO)